

Requested document:	JP7201847 click here to view the pdf document
---------------------	---

FORMATION OF THIN FILM

Patent Number:

Publication date: 1995-08-04

Inventor(s): KOBAYASHI NAOAKI; URATA KAZUO; IWASAKI NAOYUKI

Applicant(s): APPLIED MATERIALS INC

Requested Patent: ☐ [JP7201847](#)

Application Number: JP19930332407 19931227

Priority Number(s): JP19930332407 19931227

IPC Classification: H01L21/318; H01L21/205; H01L21/3065; H01L21/31

EC Classification:

Equivalents: JP7099744B

Abstract

PURPOSE: To provide a formation preprocessing method and a thin film forming method for a nitride film which copes with high density and high reliability of a device. **CONSTITUTION:** Deposits in a reaction chamber 1 and a reaction container 2 which contain a semiconductor substrate are etched with radicals in a plasma, generated by applying the electric power from a high-frequency source 8 to a gas system containing NF₃, and a plasma is generated by applying the electric power from the high-frequency power source 8 to a reducing gas system containing NH₃, to remove the remaining fluorine components. Then by using raw material gases SiH₄, NH₃, and N₂ to form a nitride film by a plasma CVD method, and active seed from NF₃ in plasma generated by applying a high-frequency power source 8 for a gas containing NF₃ is made to operate on SiH₄ active seed, thereby preventing an abnormal film which is rich in Si component and fast in filming rate.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-201847

(43) 公開日 平成7年(1995)8月4日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 1 L 21/318
21/205
21/3065

識別記号

庁内整理番号

B 7352-4M

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/ 302
21/ 31

N
C

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平5-332407

(22) 出願日 平成5年(1993)12月27日

(71) 出願人 390040660

アプライド マテリアルズ インコーポレ
イテッド

APPLIED MATERIALS, I
NCORPORATED

アメリカ合衆国 カリフォルニア州

95054 サンタ クララ パウアーズ ア
ベニュー 3050

(72) 発明者 小林 直昭

千葉県成田市新泉14-3 野毛平工業団地内

アプライド マテリアルズ ジャパン

株式会社内

(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外4名)

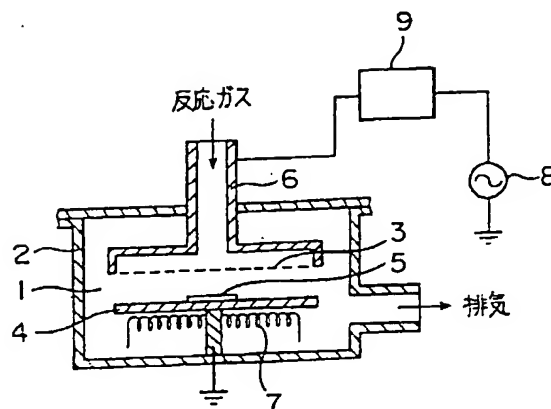
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄膜形成方法

(57) 【要約】

【目的】 デバイスの高密度化、高信頼化に対応し得る窒化膜の形成前処理方法および薄膜形成方法を提供する。

【構成】 半導体基板5を収容する反応室1および反応容器2内部の堆積物に、NF₃を含むガス系に高周波電源8からの電力を印加して生じるプラズマ中のラジカルによりエッチングさせ、NH₃を含むガス系に高周波電源8を印加してプラズマを発生させ残留するフッ素成分を除去する。続いて、SiH₄/NH₃/N₂系の原料ガスを使用することにより、プラズマCVD法にて窒化膜を形成し、NH₃を含むガス系に高周波電源8を印加して発生するプラズマ中のNH₃からの活性種を残留するSiH₄活性種に作用させ、Si成分に富んだ成膜レートの高い異常成膜の発生を防止する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板を収容する反応容器内において、原料ガスに高い周波数を有する第 1 の電力を印加し、発生するプラズマ中の活性種同士の化学反応により形成される反応生成物を基板に成膜するステップと、窒素化合物を含むガスに高い周波数を有する第 2 の電力を印加し、発生するプラズマ中の活性種を前記原料ガスの残留活性種に作用するステップとを備える薄膜形成方法。

【請求項 2】 基板を収容する反応容器内において、フッ素化合物を含む反応性ガスに高い周波数を有する第 1 の電力を印加し、発生したプラズマ中の活性種により反応容器の内部をクリーニングするステップと、窒素化合物を含む還元ガスに高い周波数を有する第 2 の電力を印加し、発生するプラズマ中の活性種により前記反応容器内の残留フッ素成分を除去するステップと、原料ガスに高い周波数を有する第 3 の電力を印加し、発生するプラズマ中の活性種同士の化学反応により形成される反応生成物を基板に成膜するステップと、窒素化合物を含むガスに高い周波数を有する第 4 の電力を印加し、発生するプラズマ中の活性種を前記原料ガスの残留活性種に作用するステップとを備える薄膜形成方法。

【請求項 3】 前記窒素化合物が NH₃ である請求項 1 又は 2 記載の薄膜形成方法。

【請求項 4】 前記フッ素化合物が NF₃、CF₄、および C₂F₆ から選ばれた少なくとも一種の化合物を含む請求項 2 記載の薄膜形成方法。

【請求項 5】 前記原料ガスが SiH₄、NH₃、および N₂ から選ばれた少なくとも一種のガスを含む請求項 1~4 のいずれか 1 項に記載の薄膜形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体基板等の試料面に薄膜を形成するプラズマ励起化学気相成長 (Plasma Enhanced CVD) 法を利用した薄膜形成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来より、半導体基板等の試料面に薄膜を形成するためには、反応容器内に導入した原料ガスに高周波を印加してプラズマを発生させ、該原料ガスを活性化させることにより化学反応を促進し、生成した反応生成物を試料面に堆積させるプラズマ励起化学気相成長 (以下、PECVD という) 法が、広く利用されている。

【0003】 特に、Al または Al 合金からなる配線間の層間絶縁膜あるいは配線保護膜 (パッシベーション膜) に使用される窒化膜 (SiN 膜) は、先ず配線素材の性質 (Al または Al 合金は低融点であるため 500 °C 以上の高温処理をすることはできない) に基づき比較的低温での形成が要求される。この点において、PECVD 法はエネルギーの高いプラズマ状態で反応を起こすので、700 °C 以上の形成温度が要求される高温熱 CVD 法と比較すると、例えば 450 °C 以下といった大幅な低

温化によるプロセスの表現が可能となる。したがって PECVD 法は、層間絶縁膜あるいはパッシベーション膜としての薄膜形成を可能にし、デバイスの信頼性向上に寄与している。

【0004】 PECVD 装置には、平行平板電極型、誘導コイル型、マイクロ波放電型等があり、それぞれバッチ処理式、連続処理式、枚葉式等が開発されている。近年においては、プロセス安定性、パーティクル (汚染粒子) 対策等の見地から平行平板電極型の枚葉式の装置が主流となりつつある。また、デバイス集積度の向上により、サブミクロン・スケールに対応したプロセスの開発が望まれており、これに伴って、薄膜表面の凹凸は、配線パターンの形成を困難にし歩留まりの低下を招くだけでなく、プロセス完了後においても耐湿性といったデバイスの信頼性の低下を招くためにこの発生防止は重要な課題である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 近年、更なる大規模集積回路 (LSI) の高集積化の実現要求に伴い、PECVD 法においてもサブミクロン・スケールでの微細化形成技術の開発が極めて重要になってきた。層間絶縁膜あるいは配線保護膜として使用される窒化膜は、デバイスの高集積化の実現要求により薄膜化が進み、耐湿性面を考えると更に緻密な膜質が要求されている。

【0006】 一方、PECVD 法により形成される窒化膜は、従来より SiH₄、および NH₃ を含む原料ガス系に高周波電力を印加し、発生されるプラズマ放電中の活性種の化学反応により形成される。所望膜厚が形成された後、高周波電力の印加および原料ガスの供給を順に停止する。この際に、一時的に Si 成分に富んだ反応生成物が高い成膜レートで形成され、これが基板に堆積すると表面凹凸の大きい異常成長した薄膜が形成される。薄膜が層間絶縁膜に使用される態様においては、この表面凹凸が大きくなると、その後に形成される薄膜の被覆性が悪化し、配線の断線あるいは配線間のショートを引き起こしてデバイス歩留まりを低下させるだけでなく、デバイス完成後も表面凹凸に影響を受けた薄膜の膜厚が不均一であるために耐湿性といった信頼性の点からも問題があった。

【0007】 本発明は、このような従来の PECVD 法の問題点を鑑みてなされたものであり、その目的は、デバイスの更なる高集積化・高信頼性に対応し得る薄膜形成方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明の薄膜形成方法によれば、前述の目的は、基板を収容する反応容器内において、原料ガスに高い周波数を有する第 1 の電力を印加し、発生するプラズマ中の活性種同士の化学反応により形成される反応生成物を基板に成膜するステップと、窒素化合物を含むガスに高い周波数を有する第 2 の電力を

印加し、発生するプラズマ中の活性種を原料ガスの残留活性種に作用するステップとを備えることにより達成される。あるいは、基板を収容する反応容器内において、フッ素化合物を含む反応性ガスに高い周波数を有する第1の電力を印加し、発生したプラズマ中の活性種により反応容器の内部をクリーニングするステップと、窒素化合物を含む還元ガスに高い周波数を有する第2の電力を印加し、発生するプラズマ中の活性種により反応容器内の残留フッ素成分を除去するステップと、原料ガスに高い周波数を有する第3の電力を印加し、発生するプラズマ中の活性種同士の化学反応により形成される反応生成物を基板に成膜するステップと、窒素化合物を含むガスに高い周波数を有する第4の電力を印加し、発生するプラズマ中の活性種を原料ガスの残留活性種に作用するステップとを備えることにより達成される。

【0009】

【作用】本発明者は鋭意研究の結果、PECVD法により得られる窒化膜表面の凹凸状態が熱窒化膜のそれに比べて粗い原因が、成膜ステップ終了後のプラズマ停止の際、原料ガスにおいてSi成分を含む主ガスから得られるラジカルあるいはイオン等の寿命が長い活性種と、Si成分を含まない従ガスからの寿命が短い活性種とが、反応室内に存在する割合がプラズマ停止とともに崩れる。すなわち、主ガスからの活性種寿命の方が従ガスからの活性種寿命に比べて長いので、成膜ステップにおける正常な窒化膜の組成が崩れ、Si成分に富んだ、しかも成膜レートが早いものが異常に成長してしまうことを見出した。したがって次のステップにおいて主ガスからの活性種が生存しているとみなされる時間、主ガスの供給を止めつつ窒素化合物を送り込み、プラズマを発生させ続けることが、上述した問題点の解消に極めて効果的なことを見出した。

【0010】本発明の第1の薄膜形成方法によれば、成膜するステップが、プラズマ励起された原料ガスの活性種の化学反応により形成される反応生成物を基板に堆積することにより薄膜を形成し、作用するステップが、プラズマ励起された窒素化合物を含むガスの活性種と、残留する原料ガスの活性種とを化学反応させる。したがって、作用するステップにおいて活性種寿命の長い種類のガスは、この供給を停止あるいは減量し、他のプラズマ寿命の短い窒素化合物を含むガスを供給し続け、これに高い周波数の電力を印加することにより異常な薄膜形成が抑止される。したがって、形成された窒化膜は、その表面凹凸が細かい緻密なものになり得る。

【0011】また、本発明者の知見によれば、窒化膜を形成するPECVD法において、反応室の内部にある電極等の治具ないし内壁に形成される堆積物を除去するには、NF₃、CF₄、C₂F₆等のフッ素化合物を用いたプラズマクリーニングが有効であるが、このフッ素化合物クリーニングを実施した後、堆積物が除去された表

面においてF原子を介した結合により残留してしまい、これが原因となって、次のステップにて形成される薄膜中にはフッ素成分が含有されてしまい、窒化膜自体の膜質が低下してしまうのは防止できなかった。

【0012】これに対して、本発明の第2の薄膜形成方法によれば、クリーニングするステップ後に、窒素化合物のプラズマ中に存在する活性種を残留するフッ素成分あるいはフッ素結合に対して作用させることにより、フッ素成分を含有した反応生成物として除去し、したがって反応室の内部にある電極、治具または反応室の内壁の表面を活性化することができる。したがって、フッ素化合物クリーニング後の成膜初期におけるフッ素成分を含有した(Si-F-N結合を有する)窒化膜の形成を抑制する。さらに成膜ステップ終了後、原料ガス成分間の活性種寿命の相違に基づき形成されるSi成分の豊かな組成に変化した異常成膜は、成膜終了後も窒素化合物ガスを供給し続けプラズマを発生させることにより異常成長膜の形成を防止することができる。この結果、成膜初期から終了までの全域にわたって均一な膜質を有するとともに成膜表面もきめの細かい緻密な窒化膜を提供し得る。

【0013】以下に本発明を詳細に説明する。

【0014】本発明において「窒素化合物」としては、N原子を含む化合物であって、常温(25℃)で気体が好ましい。具体的には、NH₃、またはN₂、が好ましく用いられる。これらの中でも、成膜するステップ終了後の異常成膜を防止する点からNH₃、が好ましい。

【0015】本発明において「フッ素化合物」としては、F原子を含む化合物であって、常温(25℃)で気体が好ましい。具体的には、CF₄、C₂F₆、またはNF₃、が好ましく用いられる。これらの中でも、反応室内部の堆積物を化学エッチングする点から、NF₃、が好ましい。

【0016】本発明の方法により形成される窒化膜の厚さは、通常、0.1~1.0μm程度であることが好ましい。

【0017】本発明に使用する反応性ガスは、上記したNF₃、等のフッ素化合物を少なくとも含むものであるが、必要に応じて、N₂、O₂等の窒素酸化物またはO₂、を含んでもよい。

【0018】また、本発明に使用する「還元ガス」とは、Si-F結合をSi-H結合に変換できる還元性気体をいい、上記したNH₃、等の窒素化合物以外に、SiH₄、N₂、H₂、等を含んでいてもよい。

【0019】さらに、本発明に使用する原料ガスは、SiH₄、と、NH₃、およびN₂、から選ばれた少なくとも一種類からなるガスを含むのが好ましい。

【0020】上記「窒素化合物」は、必要に応じて、上記キャリアガスとして用いることも可能である。原料ガスがこの窒素化合物を含む状態においては、プラズマ放

電の安定により膜厚の均一性を更に向上させることが可能となる。

【0021】本発明においては、上記した以外の反応条件としては、例えば、以下のような条件を好ましく使用することができる。

【0022】本発明の薄膜形成方法に使用可能な反応装置については、基板を収容する反応容器と、フッ素化合物等の反応性ガス、窒素化合物等のガスおよびシラン等の原料ガスをこの反応容器に導入可能な導入系と、これらのガスに高い周波数を印加する電極とを有する反応装置である限り特に制限されないが、例えば、図1に模式断面図として示されるようなPECVD装置が好ましく用いられる。

【0023】以下に、このPECVD装置の概略構成を図1に基いて説明する。図1を参照して、外気から密封された反応室1を実現するための反応容器2内に対向電極3、4が収容されている。一方の電極4は、アース電位に保持されるとともに、対向面に薄膜形成用の半導体基板5が載置され、他方の電極3にはプラズマ発生用の高周波発振源8から出力された高周波電力がインピーダンスマッチング回路9を介して印加されるようになっている。また、電極3の上側から反応室1へ配管6を介して反応ガスが導入されるとともに、反応容器2の排気口から排気する構造となっている。また、電極4側には温度制御用のヒータ7が設けられている。

【0024】

【実施例】以下、図面と共に本発明の好適な実施例について詳細に説明する。

【0025】図1に示した構成のPECVD装置において、本発明の薄膜形成方法により、フッ素化合物の活性種により反応容器内をクリーニングするステップであるクリーニングプロセス、窒素化合物により残留フッ素成分を除去するステップである還元プロセス、窒化膜を成膜するステップである成膜プロセスおよび異常成膜を防止するための作用するステップである後処理プロセスを順次に行った。

【0026】実施例1

実施例1のプロセスフローチャートと図2に示し、各プロセスの内容について以下に説明する。

【0027】(クリーニングプロセス) 反応室1内に、NF₃、あるいはNF₃/N₂O系の反応性ガスを導入し、これに高周波発振源8から高い周波数を有する第1の電力を印加し、プラズマ放電エネルギーにより活性化させて、化学的に活性の強い原子または分子のラジカルとし、これらの活性な粒子を反応室1の内部に形成された堆積物に化学作用させて化学ドライエッチングを行った。以下に、好ましいプロセス条件を示す。

【0028】圧力 : 0.5~3.0 [Torr]

高い周波数 : 13.56 [MHz]

第1の電力 : 500~1200 [W]

電極間距離 : 180~999 [Mils]

NF₃ : 100~1000 [SCCM]

N₂O : 100~1000 [SCCM]

処理時間 : 50~150 [秒]

ここで上記クリーニングプロセスの主ガスであるNF₃の代わりに、CF₄、およびC₂F₆のいずれか一方が好ましく用いられ、この流量はNF₃と同程度が好ましくは用いられる。

【0029】また、N₂Oを添加することにより、N₂Oから保たれる活性種がこの堆積物を物理的にエッチングする作用をもたらし、上記化学作用と物理作用とが相乗してより効果的にエッチングが進むのでクリーニングプロセス時間の短縮可能となる。

【0030】(還元プロセス) 続いて、上記の反応性ガスおよび反応生成物を減圧・除去し、反応容器2の外部においてハロゲンランプにて予め25~400℃に加熱された半導体基板5を反応容器2内の決められた場所に載置し、NH₃/N₂系の還元ガスを導入した。これに高周波発振源8から高い周波数を有する第2の電力を印加し、プラズマ放電エネルギーにより活性化された粒子であるラジカルを、反応室1の内部に残留するフッ素成分に作用させて反応生成物とし、減圧・除去を行った。以下に、このプロセス条件を示す。

【0031】圧力 : 1.0~6.5 [Torr]

高い周波数 : 13.56 [MHz]

第2の電力 : 100~800 [W]

基板温度 : 300~400 [℃]

電極間距離 : 180~600 [Mils]

NH₃ : 50~1500 [SCCM]

N₂ : 500~2000 [SCCM]

処理時間 : 5~60 [秒]

ここで上記の還元ガスとしては、NH₃、一種類のみが好ましくは用いられる。

【0032】また、N₂の好ましい量の添加により還元プロセスのプラズマ安定性をもたらす。

【0033】(成膜プロセス) さらに、上記の還元ガスおよび反応生成物を減圧・除去し、基板を載置したまま、SiH₄/NH₃/N₂系の原料ガスを導入した。これに高周波発振源8から高い周波数を有する第3の電力を印加し、プラズマ放電エネルギーにより活性化させて、化学結合を分解し、原子または分子のラジカルとする。これらの活性な粒子間による反応生成物を半導体基板5の表面に堆積し、窒化膜を形成させながら、反応生成物を減圧・除去した。以下にこのプロセス条件を示す。

【0034】圧力 : 3.0~6.5 [Torr]

高い周波数 : 13.56 [MHz]

第3の電力 : 100~800 [W]
 基板温度 : 300~400 [°C]
 電極間距離 : 180~600 [Mils]
 SiH_4 : 50~300 [SCCM]
 NH_3 : 50~300 [SCCM]
 N_2 : 500~5000 [SCCM]
 処理時間 : 10~100 [秒]

(後処理プロセス) 第1プロセスにおいて使用されている条件のうち、原料ガスの主たる成分である SiH_4 の供給をストップし、他の補助成分である NH_3 および N_2 は引き続き供給し続け、これに高周波発振源8から高い周波数を有する第4の電力を印加し、プラズマ放電エネルギーにより活性化させて、化学結合を分解し、原子または分子のラジカルとする。これらの活性な粒子には第1プロセスからの残留成分である SiH_3^\cdot 、 SiH_2^\cdot 、 $^\cdot\text{SiH}_2$ 、 $^\cdot\text{NH}_2$ 、 NH^\cdot 、 N^\cdot 等と反応して窒化膜を形成する。これにより、Si成分が豊かな窒化膜、すなわち異常成長の原因となるものの成長を抑止することができ、凹凸の少ないきめの細かい表面を有する窒化膜の形成が可能となる。

【0035】以下に、好ましいプロセス条件を示す。

【0036】圧力 : 3.0~6.5 [Torr]

高い周波数 : 13.56 [MHz]
 第3の電力 : 100~800 [W]
 基板温度 : 300~400 [°C]
 電極間距離 : 180~600 [Mils]
 NH_3 : 50~300 [SCCM]
 N_2 : 500~5000 [SCCM]
 処理時間 : 1~30 [秒]

この条件により得られた窒化膜の成膜速度は0.2~1.0 $\mu\text{m}/\text{min}$ で、屈折率は1.9~2.2であった。

【0037】実施例2

実施例2のプロセスフローチャートを図3に示し、各プロセスの内容について以下に説明する。

【0038】(クリーニングプロセス) 反応室1内に、 NF_3 あるいは $\text{NF}_3/\text{N}_2\text{O}$ 系の反応性ガスを導入し、これに高周波発振源8から高い周波数を有する第1の電力を印加し、プラズマ放電エネルギーにより活性化させて、化学的に活性の強い原子または分子のラジカルとし、これらの活性な粒子を反応室1の内部に形成された堆積物に化学作用させて化学ドライエッチングを行った。以下に、好ましいプロセス条件を示す。

【0039】圧力 : 0.5~3.0 [Torr]

高い周波数 : 13.56 [MHz]
 第1の電力 : 500~1200 [W]
 電極間距離 : 180~999 [Mils]

NF_3 : 100~1000 [SCCM]

N_2O : 100~1000 [SCCM]

処理時間 : 50~150 [秒]

ここで上記の NF_3 の代わりに、 CF_4 および C_2F_6 のいずれか一方が好ましく用いられ、この流量は NF_3 と同程度が好ましくは用いられる。

【0040】 N_2O を添加することにより得られる効果は、実施例1の場合と同等である。

【0041】(第1の還元プロセス) 続いて、上記の反応性ガスおよび反応生成物を減圧・除去し、 NH_3/N_2 系の還元ガスを導入した。これに高周波発振源8から高い周波数を有する第2の電力を印加し、プラズマ放電エネルギーにより活性化された粒子であるラジカルを、反応室1の内部に残留するフッ素成分に作用させて反応生成物とし、真空引きにより除去を行った。ここで上記 NH_3/N_2 系の還元ガスの代わりに、 NH_3 あるいは $\text{SiH}_4/\text{N}_2/\text{NH}_3$ 系のガスが好ましく用いられる。以下に、このプロセス条件を示す。

【0042】圧力 : 1.0~6.5 [Torr]

高い周波数 : 13.56 [MHz]

第2の電力 : 100~800 [W]

基板温度 : 300~400 [°C]

電極間距離 : 180~600 [Mils]

SiH_4 : 50~300 [SCCM]

NH_3 : 50~1500 [SCCM]

N_2 : 500~2000 [SCCM]

処理時間 : 5~15 [秒]

SiH_4 を含んだ還元ガスの態様においては、前述のクリーニングプロセスによる残留フッ素成分がプラズマ化することにより得られる SiH_3^\cdot 、 SiH_2^\cdot 等の活性種と結合して Si-F-N なる結合を有する反応生成物を形成し、これを堆積させないよう減圧コントロールすることにより、反応室の外部に除去することができる。したがって、 NH_3 による還元効果に加えて相乗効果をもたらす。

【0043】(第2の還元プロセス) さらに、上記の還元ガスおよび反応生成物を減圧・除去し、反応容器2の外部においてハロゲンランプにて予め25~400°Cに加熱された半導体基板5を反応容器2内の決められた場所に載置し、 NH_3 あるいは NH_3/N_2 系の還元ガスを導入した。これに高周波発振源8から高い周波数を有する第3の電力を印加し、プラズマ放電エネルギーにより活性化された粒子であるラジカルを、反応室1の内部に残留するフッ素成分に作用させて反応生成物とし、減圧・除去を行った。以下に、このプロセス条件を示す。

【0044】圧力 : 1.0~6.5 [Torr]

高い周波数 : 13.56 [MHz]

第3の電力 : 100~800 [W]

基板温度 : 300~400〔℃〕
 電極間距離 : 180~600〔Mil s〕
 NH₃ : 50~1500〔SCCM〕
 N₂ : 500~2000〔SCCM〕
 処理時間 : 5~60〔秒〕

これにより、半導体基板5の表面も均一に活性化され、次の成膜プロセスにおいて形成される窒化膜が均一に形成される好ましい傾向が得られる。

【0045】(成膜プロセス)さらに、上記の還元ガスおよび反応生成物を減圧・除去し、半導体基板5を載置したまま、SiH₄/NH₃/N₂系の原料ガスを導入した。これに高周波発振源8から高い周波数を有する第3の電力を印加し、プラズマ放電エネルギーにより活性化させて、化学結合を分解し、原子または分子のラジカルとする。これらの活性な粒子間による反応生成物を半導体基板5の表面に堆積させ窒化膜を形成させながら、反応生成物を減圧・除去した。以下に、このプロセス条件を示す。

【0046】圧力 : 3.0~6.5〔Torr〕

高い周波数 : 13.56〔MHz〕
 第3の電力 : 100~800〔W〕
 基板温度 : 300~400〔℃〕
 電極間距離 : 180~600〔Mil s〕
 SiH₄ : 50~300〔SCCM〕
 NH₃ : 50~300〔SCCM〕
 N₂ : 500~5000〔SCCM〕
 処理時間 : 10~100〔秒〕

(後処理プロセス)成膜プロセスにおいて使用されている条件のうち、原料ガスの主たる成分であるSiH₄の供給をストップし、他の補助成分であるNH₃およびN₂は引き続き供給し続け、これに高周波発振源8から高い周波数を有する第4の電力を印加し、プラズマ放電エネルギーにより活性化させて、化学結合を分解し、原子または分子のラジカルとする。これらの活性な粒子には第1プロセスからの残留成分であるSiH₃・、SiH₂・、NH₂・、N・等と反応して窒化膜を形成する。これにより、Si成分が豊かな窒化膜、すなわち異常成長の原因となるものの成長を抑止することができ、凹凸の少いきめの細かい表面を有する窒化膜の形成が可能となる。

【0047】以下に、好ましいプロセス条件を示す。

【0048】圧力 : 3.0~6.5〔Torr〕

高い周波数 : 13.56〔MHz〕
 第3の電力 : 100~800〔W〕
 基板温度 : 300~400〔℃〕
 電極間距離 : 180~600〔Mil s〕
 NH₃ : 50~300〔SCCM〕

N₂ : 500~5000〔SCCM〕

処理時間 : 1~30〔秒〕

この条件により得られた窒化膜の成膜速度は0.2~1.0μm/minで、屈折率は1.9~2.2であった。

【0049】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の薄膜形成方法によれば、成膜するステップが、プラズマ励起された原料ガスの活性種の化学反応により形成される反応生成物を基板に堆積することにより薄膜を形成し、作用するステップが、プラズマ励起された窒素化合物を含むガスの活性種と、残留する原料ガスの活性種とを化学反応させる。したがって、作用するステップにおいて活性種寿命の長い種類のガスは、この供給を停止あるいは減量し、他のプラズマ寿命の短い窒素化合物を含むガスを供給し続け、これに高い周波数の電力を印加することにより異常な薄膜形成が抑止される。したがって、形成された窒化膜は、その表面凹凸が細かい緻密なものになり得る。基板を収容する反応容器内において、原料ガスに高い周波数を有する電力を印加し、プラズマを発生させて化学反応により得られる反応生成物を基板に堆積し、続いて原料ガスの供給を停止して窒素化合物を含む反応性ガスに高い周波数を有する電力を印加し、プラズマを発生させて残留する原料ガスとの化学反応により得られる反応生成物を基板上に堆積あるいは減圧・除去する。したがって、主たる成膜ステップにおける原料ガスの残留成分により組成バランスの崩れた、すなわちSi成分に富んだ異常成長の窒化膜は形成されない。したがって、形成された窒化膜は、表面が凹凸状の段差の少ない緻密な膜となり、これが層間絶縁膜として使用された場合でも次ステップにて形成されるAlまたはAl合金等の配線薄膜は断線のない良好な被覆性を有しうる。また、これがパッシベーション膜として使用された場合においても凹凸状の突起が少ないので目視検査における信頼性が向上し、したがって歩留まりが向上しうる。

【0050】あるいは、上記成膜ステップの前に予め、フッ素化合物のプラズマに基づくエッチングにより反応容器内部をクリーニングし、残留するフッ素成分およびフッ素結合は窒素化合物のプラズマに基づき反応し、フッ素成分を含んだ反応生成物を形成した形で還元するステップを付加することにより、反応容器に収容された部品の表面は活性化され、成膜中にフッ素成分は含まれない。したがって、形成された窒化膜は成膜の初期から終了まで、Si-Nの結合が強い緻密性の高い膜質を備えることが可能となり、層間絶縁膜あるいはパッシベーション膜として使用した場合にも耐湿性に優れた窒化膜の形成が可能となる。しかも、フッ素成分を含まない窒化膜は密着性に優れており、下地基板がAlあるいはAl合金のような配線に形成されても剥がれ(ピーリング)を生じない。したがって製品歩留まりの高い窒化膜形成

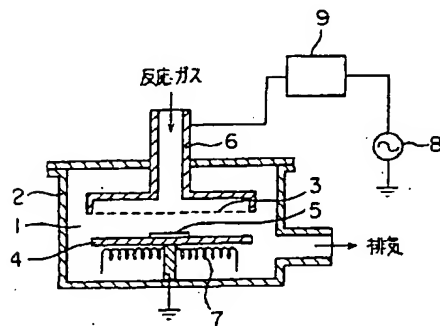
が可能となる。この結果、デバイスの高集積化・高信頼化に対応し得る薄膜形成方法を提供し得る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による薄膜形成方法の実施例を説明するためのPECVD装置の概略構成を示す模式断面図である。

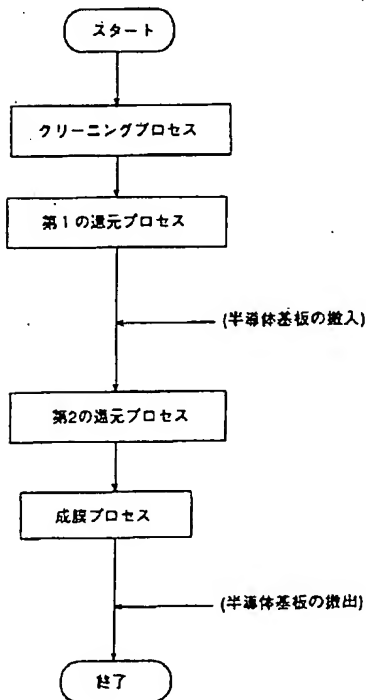
【図2】本発明による好ましい実施例1のプロセスフロー

【図1】



【図3】

実施例2のプロセスフローチャート



* 一の説明図である。

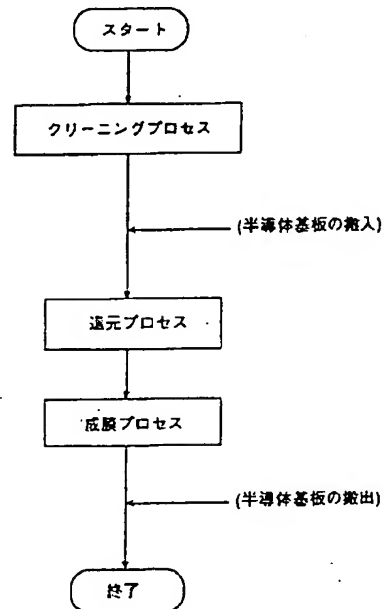
【図3】本発明による好ましい実施例2のプロセスフローの説明図である。

【符号の説明】

1…反応室、2…反応容器、3、4…対向電極、5…半導体基板、6…配管、7…ヒータ、8…高周波電源、9…インピーダンスマッチング回路。

【図2】

実施例1のプロセスフローチャート



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	弁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/31				

(72)発明者 浦田 一男
千葉県成田市新泉14-3 野毛平工業団地内
アブライド マテリアルズ ジャパン
株式会社内

(72)発明者 岩崎 直之
千葉県成田市新泉14-3 野毛平工業団地内
アブライド マテリアルズ ジャパン
株式会社内